

Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, Juin 2014, pp. 197-213

SCENARIOS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR LES PRECIPITATIONS ET LES TEMPERATURES EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE TROPICALE HUMIDE : CAS DU BASSIN VERSANT DE DAVO, COTE D'IVOIRE.

[1*]KOUAME YAO MORTON, [1]SORO GNENEYOUGO EMILE, [2]KOUAKOU KOFFI EUGENE, [3]KOUADIO ZILE ALEX, [1]MELEDJE N'DIAYE EDWIGE HERMANN, [1]GOULA BI TIE ALBERT, [1]ISSIAKA SAVANE

[1]Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement,
Laboratoire Géosciences et Environnement,
Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan, Côte d'Ivoire
[2]Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi),
Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques,
Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), BP 1093
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.
[3]Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Université Jean Lorougnon
Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

[*]mortonkouame@ymail.com ; mortonkouame@gmail.com

RESUME

A l'instar des pays de l'Afrique subsaharienne, la Côte d'Ivoire est vulnérable aux effets des changements climatiques. Cette étude a pour objectif d'évaluer les impacts du changement climatique sur les précipitations et les températures aux horizons 2050 et 2080 dans le bassin versant de Davo situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Quatre Modèles de Circulation Générale couplés Atmosphère Océan (MCGAO) et deux scénarios d'émission des Gaz à Effet de Serre (GES) A2 et B2 ont été utilisés pour créer une série de scénarios plausibles. Toutes les projections montrent une augmentation de la température. Sous le scénario A2 les variations moyennes des températures projetées par l'ensemble multi-modèle sont 1,7°C et 3,1°C à travers les deux périodes tandis que les précipitations vont augmenter de -0,4% à 3%. Sous le scénario B2, les variations moyennes des températures projetées par l'ensemble multi-modèle sont moins importantes que sous le scénario A2. Sous le scénario B2, les

précipitations connaitront une augmentation de 2,4% et de 3,7% à travers les deux périodes. Le scénario B2 est plus pluvieux et moins chaud que le scénario A2.

Mots clés : Précipitation, température, changement climatique, MCGAO, bassin versant de Davo.

ABSTRACT

Like Sub-Saharan countries, the Ivory Coast is vulnerable to the effects of climate change. This study aims to assess the impacts of climate change on precipitation and temperatures for 2050 and 2080 horizons in the Davo watershed located in southwestern of Ivory Coast. Four Atmospheric/Ocean General Circulation Models (AOGCMs) and two greenhouse gas emission scenarios (GHGES) A2 and B2 were used to create a range of plausible scenarios. All projections show an increase in temperature. Under the A2 scenario the average model prediction of warming is 1.7 ° C and 3.1 ° C across the two periods while, the precipitation will increase by -0.4% to 3%. Under the B2 scenario, the average model prediction of warming is less important than under scenario A2. Under the B2 scenario, precipitation will experience an increase of 2.4 % and 3.7 % across the two time slice. The B2 scenario is wetter and less hot than the A2 scenario.

Keywords: Precipitation, temperature, climate change, AOGCM, Davo watershed

INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, la vulnérabilité de l’Afrique subsaharienne aux effets de la variabilité climatique et des changements climatiques est l’une des problématiques les plus abordées par la communauté scientifique, les institutions et les medias. En Côte d’Ivoire, les impacts des changements climatiques ont été observés au travers des sécheresses récurrentes, des pluies irrégulières, un décalage saisonnier, une réduction des terres arabes, une érosion côtière et des inondations (PNUD, 2009). Des études (Soro et al., 2004; Goula et al., 2006; Kouassi et al., 2010; Soro et al., 2011; Yao et al., 2012; Otchoumou et al., 2012; Sorokoby et al., 2013) ont analysé la variabilité climatique dans certaines régions de la Côte d’Ivoire. De nombreux sont des auteurs qui affirment une variabilité importante des conditions climatiques durant les quarante dernières années et ayant eu des impacts sur les ressources en eau. Une baisse de la pluviométrie a été constatée à travers toute la Côte d’Ivoire (Brou, 2009). Compte tenue de cette baisse de la hauteur des précipitations, des études

ont été réalisées dans la perspective de la replantation de la culture cacaoyère dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Kassin et al., 2008). Il faut souligner que l'économie de la Côte d'Ivoire est en grande partie tributaire de l'agriculture pluviale. Cependant, les études d'impacts des changements climatiques sur les précipitations et températures sont très rares. La littérature indique la réalisation d'une étude d'impacts des changements sur ces variables climatiques (Kouakou et al., 2012). Toutefois, cette étude a fait l'usage d'un modèle climatique, alors que l'application de plusieurs modèles climatiques sur un même bassin versant donne des résultats différents entre modèles et scénarios (Boyer et al., 2010; Graham et al., 2011; Liu et al., 2011; Chen et al., 2012; Kienzle et al., 2012; Koutroulis et al., 2013; Shrestha et al., 2013; Xu et al., 2013; Vrochiclou et al., 2013). En plus, les projections sur le climat se caractérisent par un certain degré d'incertitudes (Hughes et al., 2011; Thorne, 2011; Nóbrego et al., 2011; Bastola et al., 2011; Thompson et al., 2013). Ainsi, l'approche d'usage d'un seul MCGAO ne permet pas de quantifier les différentes incertitudes. Pour y remédier, la méthode la plus complète consiste à utiliser une série de MCGAO quasi-indépendants pour créer un ensemble multi-modèle (GIEC, 2008; Mackellar et al., 2010). L'utilisation d'un ensemble multi-modèle est désormais la norme (Graham et al., 2011) car elle permet non seulement d'obtenir plus d'une trajectoire évolutive du climat, mais elle contribue également à réduire les incertitudes liées aux MCGAO (Faramarzi et al., 2013). La principale difficulté d'étude d'impact des changements climatiques en Côte d'Ivoire est le manque de ressources informatiques de hautes performances pour effectuer des simulations plus larges avec des résolutions élevées. On note qu'un grand nombre de simulations des MCGAO sont disponibles. Cependant, il est difficile de disposer des projections sur les changements climatiques aux échelles spatiales pertinentes (régionales ou locales). L'objectif de cette étude, est d'évaluer les impacts du changement climatique sur les températures et les précipitations pendant deux périodes du 21ème siècle dans le bassin versant de Davo qui fait partie de l'économie cacaoyère et caféière de la Côte d'Ivoire. Un Générateur de Scénarios Climatiques (GSC) mondiaux et régionaux disposant des données comprenant un grand nombre d'expériences faites avec plusieurs MCGAO est utilisé afin d'obtenir des données à des résolutions spatiales pertinentes sur le bassin versant de Davo.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située au sud-ouest de la Côte d'Ivoire et couvre une superficie de 7194 km^2. Elle s'étend de la longitude 6°47 W à la longitude 5°69 W et de la latitude 6°85 N à la latitude 5°03 N. La pluviométrie moyenne annuelle est 1600 mm et la température moyenne est 26°C. Cette zone

appartient au précambrien moyen constitué des entités géologiques suivantes : les granites, migmatites, flysch et schistes. Les sols sont des ferralsols fortement désaturés sous pluviométrie atténuée et des ferralsols fortement désaturés sous forte pluviométrie dans la partie sud. Dans l'ensemble, les sols sont assez peu perméables, mais on note une capacité de rétention notable. Cette zone qui était autrefois dominée par une grande forêt tropicale appartenant à la grande forêt dense humide du domaine guinéen, est désormais occupée par la forêt dense à quelques endroits, la forêt soumise à l'agriculture, la forêt dégradée, la savane et les zones culturales. C'est une zone agricole dominée par les cultures industrielles (cacao, café, hévéa et palmier à huile) sur les cultures vivrières (riz, manioc, maïs, et igname). Il faut noter que la forêt est fortement dégradée et cette dégradation est due à l'activité humaine notamment la déforestation à grande échelle causant ainsi la variabilité climatique. Le bassin versant de Davo est recouvert dans sa totalité par des pentes faibles. Néanmoins, il y a la présence des collines dont la plus élevée est celle de Godélilié mesurant 636 m d'altitude. L'altitude moyenne est 200 m.

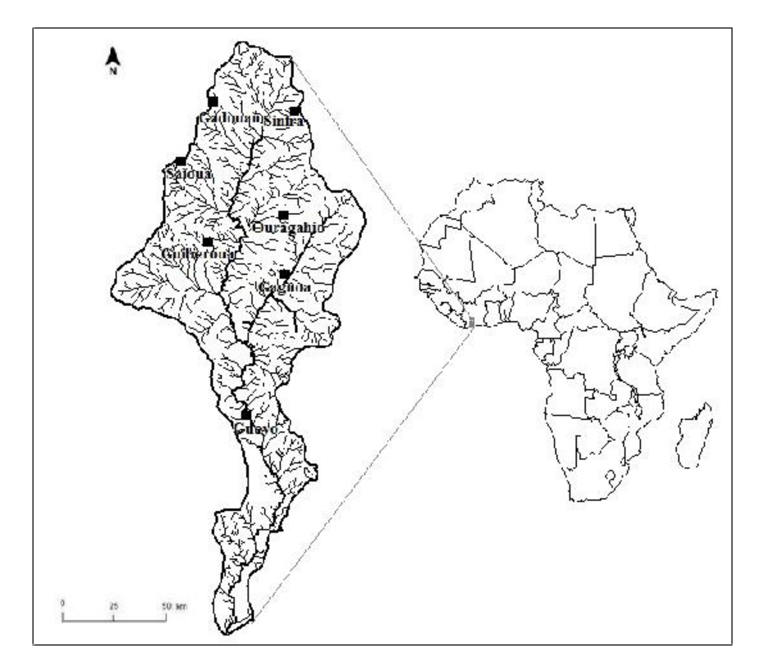


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (Bassin versant de Davo).

MATERIELS ET METHODES

Le Générateur de Scénarios Climatiques (GSC) utilisé pour générer les projections climatiques sur la zone d'étude est une combinaison d'un simple

modèle climatique MAGICC et d'une base de données de scénarios climatiques SCENGEN. Le GSC utilisé est un outil relativement simple appelé MAGICC/SCENGEN 5.2 version 2 de Climatic Research Unit (CRU) de l'Université d'East Anglia de Norwich en Angleterre (Hulme et al., 1995; Wigley, 2008). MAGICC /SCENGEN a été appliqué sur plusieurs régions à travers le monde dans le cadre des études d'impacts des changement climatiques (Kamga, 2001; Kont et al., 2003; Motondo et al., 2004; Miller et al., 2006; Serrat-Capdevila et al., 2007; Lazar and Williams, 2008; Githui et al., 2009; Roshan et al., 2012; Yuan et al., 2013). C'est un ensemble de logiciel qui permet de faire des recherches sur l'évolution du climat en fonction de scénarios d'émission de GES et d'autres gaz. Ils peuvent être employés isolement, mais lorsqu'ils sont associés, SCENGEN exploite les résultats de MAGICC pour élaborer des scénarios climatiques de changement climatique aux échelles mondiales (moyennes) et régionales, et pour évaluer les incertitudes. Les détails sont donnés dans le manuel d'utilisation qui peut être téléchargé et consulté sur l'internet.

MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-gaz Induced Climate Change ou modèle d'évaluation du changement climatique induit par les gaz à effet de serre) est un modèle informatique qui estime la moyenne mondiale annuelle de la température de surface et l'évaluation du niveau de la mer pour des scénarios d'émissions données, et qui détermine la sensibilité de ces estimations à des modifications des paramètres du modèle. De ce fait, MAGICC n'est pas un MCGAO (Kont et al., 2003; Roshan et al., 2012). Il permet ainsi de comparer les implications mondiales de différents scénarios, qui peuvent être crées pour n'importe quelle période située entre 1990 et 2100, et pour n'importe quelle combinaison d'émissions de GES (CO2, CH4, N2O, HFC, PFC, SF6) et de CO2, SO2, NOX et COV). Les estimations sont calculées à partir d'un ensemble de modèles simples du cycle des gaz et de modèles climatiques interdépendants. MAGICC propose trois types de données d'entrées: le scenario d'émission, les paramètres du modèle (influence du cycle de carbone, des aérosols, sensibilité du climat) et la temporalité. A partir de ces données, il modélise graphiquement la concentration de gaz à effet de serre, le forçage radiatif, la température et le niveau de la mer. MAGICC est l'un des premiers modèles utilisé par GIEC depuis 1990 pour produire des projections des températures moyennes globale et du niveau de la mer (Wigley, 2008). SCENGEN (SCENario GENerator) est un générateur de scénarios climatiques mondiaux et régionaux. C'est un algorithme de régionalisation fondé sur une mise à l'échelle développée par Santer et al. (1990), qui compose une série de scénarios du changement climatique, détaillés dans l'espace, sur une grille dont les mailles représentent 2.5° de latitude par 2.5° de longitude. Il n'est pas seulement un modèle climatique, mais une simple base de données comprenant les résultats d'un grand nombre d'expériences faites avec vingt MCGAO. Ces données ont une période de référence commune de 20 ans de 1980 à 1999

(Wigley, 2008). Le logiciel produit des scénarios régionaux de l'évolution ou de la valeur absolue des températures et des précipitations, de l'évolution ou la valeur absolue de la variabilité des températures et des précipitations, des rapports signal/bruit fondés sur les différences entre les modèles ou les variabilités temporelles, et des probabilités de modifications des températures et des précipitations au-dessus d'un seuil donné. L'algorithme exploite les résultats de MAGICC et ceux d'un grand nombre d'expériences faites avec des MCGAO. Il repose sur deux hypothèses principales qui peuvent être des approximations raisonnables pour de nombreuses régions et pour certaines variables climatiques : les profils géographiques relatifs du changement climatique d'origine anthropique sur une moyenne de trente ans resteront constants dans le temps et l'ampleur du changement est correctement décrite sur l'évolution de la température moyenne mondiale liée à chaque facteur du forçage (Hulme et al., 2000).

La projection climatique (ou scénario climatique) est la combinaison d'un modèle climatique et d'un scénario d'émission de gaz à effet de serre. Pour la présente étude, quatre modèles climatiques globaux (CSIRO, ECHAM5, HadCM3 et GFDL) (tableau 1) et deux scénarios de gaz à effet de serre (A2-ASF et B2-MES) ont été retenus. Ces quatre modèles ont été choisis parce qu'ils sont des Modèles de Circulation Générale couplés Atmosphère Océan (MCGAO). Ils ont été initialisés par des simulations de contrôle sur plusieurs siècles. En plus, ils ont plusieurs participé fois au projet d'intercomparaison des modèles (CMIP) et selon la littérature, ces quatre modèles sont largement utilisés pour les projections climatiques.

Quant aux scénarios A2-ASF (ASF signifie Atmospheric Stabilization Framework Model) et B2-MES (MES où vient de MESSAGE: Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) appartenant respectivement à la famille A2 et B2 décrivent un développement hétérogène. Pour plus de détails sur scénarios A2-ASF et B2-MES, l'on peut se référer aux travaux de Pepper et al. (1998) et Riahi and Roehrl (2000). Il est a noter que A2 met l'accent sur un développement économique axé sur le schéma actuel et B2 sur un développement soucieux de l'environnement et du développement durable. Ces scénarios sont également orientés vers la protection de l'environnement et l'équité sociale, mais ils sont axés sur des niveaux locaux et régionaux. Les scénarios A2 et B2 sont appropriés pour les pays en développement.

Après la sélection des scénarios d'émission et des MCGAO, MAGICC/SCENGEN fournit les valeurs annuelles, trimestrielles et mensuelles interannuelles des variables climatiques (températures et précipitations). Pour chaque scénario et pour l'ensemble des MCGAO, les variations prévues ont été produites pour les deux tranches de trente années d'intervalles centrées en 2050 (2040-2069) et 2080 (2070-2099). Les différentes projections climatiques retenues pour la zone d'étude sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 1: Modèles Climatiques Globaux retenus pour les projections climatiques.

Nom du MCGAO	Institution	Résolution
CSIRO_MK3.0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australie)	2.8°×2.8°
MPI_ECHAM5	Max Planck Institute for Meteorology (Allemagne)	1.9°×1.9°
GFDL_CM2.1	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (Etats-Unis)	2.5°×2.0°
UKMO-HadCM3	Hadley Center for Climate Prediction and Research Met Office (Royaume Uni)	2.5°×3.75°

Tableau 2 : Projections climatiques utilisées.

Période future	Couple MCGAO-A2	Couple MCGAO-B2
2050 (2040-2069)	CSIRO A2	CSIRO B2
	ECHAM5 A2	ECHAM5 B2
	GFDL A2	GFDL B2
	HadCM3 A2	HadCM3 B2
2080 (2070-2099)	CSIRO A2	CSIRO B2
	ECHAM5 A2	ECHAM5 B2
	GFDL A2	GFDL B2
	HadCM3 A2	HadCM3 B2

RESULTATS

Evolution des températures mensuelles et annuelles aux horizons 2050 et 2080

Les figures 2 et 3 présentent les variations des températures moyennes annuelles et mensuelles aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission. Selon les simulations des scénarios A2 et B2, la zone d'étude va connaitre une augmentation des températures aussi bien à l'échelle mensuelle qu'à l'échelle annuelle aux différentes tranches de temps choisies. Cependant, cette augmentation est de moins importance à l'horizon 2050 qu'à l'horizon 2080. Sous le scénario A2, la moyenne de l'ensemble multi-modèle prévoit une augmentation de la température annuelle de 1,6°C et de 3,14°C respectivement à horizon 2050 et 2080. A travers les quatre modèles, les températures annuelles vont varier de 1,46°C à 3,57°C sous le scénario A2 et de 1,28°C à 2,46°C sous le scénario B2. Sous le scénario B2, la moyenne de l'ensemble multi-modèle prédit une augmentation de la température annuelle de 1,34°C et de 2,30°C

respectivement à l'horizon 2050 et 2080. La plus faible variation de la température est projetée par le modèle HadCM3 et la plus élevée est prédite par le modèle GFDL. Dans l'ensemble, le scénario A2 est plus chaud que le scénario B2.

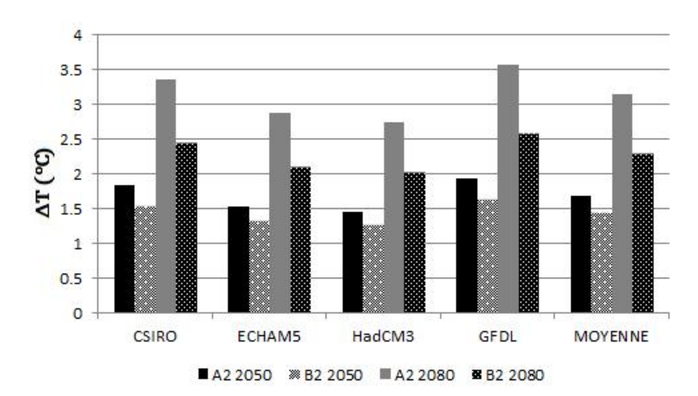


Figure 2 : Variations des températures (ΔT) moyennes annuelles aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission.

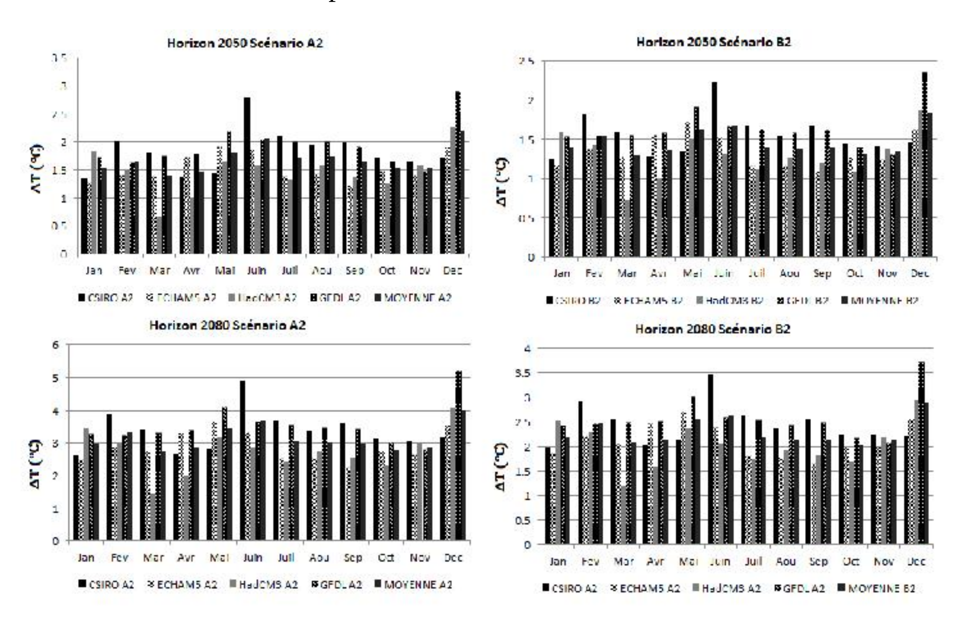


Figure 3: Variations des températures (ΔT) moyennes mensuelles aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission.

Evolution des précipitations mensuelles et annuelles aux horizons 2050 et 2080

A l'échelle annuelle, tous les modèles climatiques s'accordent sur une augmentation des précipitations sauf le modèle CSIRO (figure 4). Néanmoins, le modèle GFDL indique une diminution des précipitations de 2% à l'horizon 2050 sous le scénario A2. Selon la moyenne multi-modèle et sous le scénario A2, les précipitations vont diminuer de -0,4% et augmenter de 3% respectivement à l'horizon 2050 et à l'horizon 2080. Sous le scénario B2, la moyenne de l'ensemble des modèles prévoit une augmentation des précipitations de 2,4% à l'horizon 2050 et de 3,7% à l'horizon 2080. La plus forte diminution des précipitations est projetée par le modèle CSIRO (-7,9%) et le modèle ECHAM5 prédit la forte augmentation des précipitations (11,6%). Dans l'ensemble et à l'échelle annuelle, le scénario B2 est pluvieux que le scénario A2. A l'échelle mensuelle, le modèle HadCM3 prévoit une augmentation des précipitations sur tous les mois excepté les mois d'août et septembre au niveau desquels il prédit une diminution de celles-ci (figure 5). Quant au modèle ECHAM5, il prévoit une diminution des précipitations aux mois de janvier, février, mars, septembre, novembre et décembre, et une augmentation des précipitations aux autres mois. Concernant le modèle CSIRO, il prédit une augmentation des précipitations aux mois d'avril, mai, octobre et décembre. Les autres mois connaitront une diminution des précipitations sous ce modèle. Enfin, avec le modèle GFDL, les précipitations vont augmenter aux mois de janvier, mars, mai, juin, juillet et décembre et elles vont diminuer pendant les autres mois. Les quatre modèles s'accordent sur une augmentation des précipitations au mois de décembre. Les fortes diminutions et augmentations des précipitations mensuelles sont du côté du scénario A2.

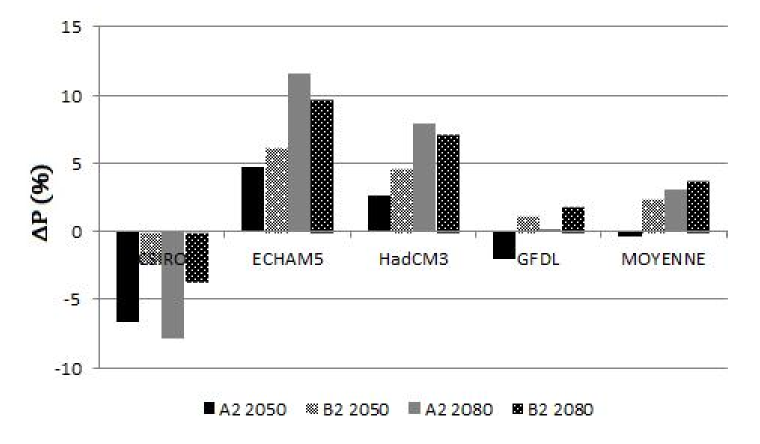


Figure 4: Taux de variation des précipitations (ΔP) moyennes annuelles aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission.

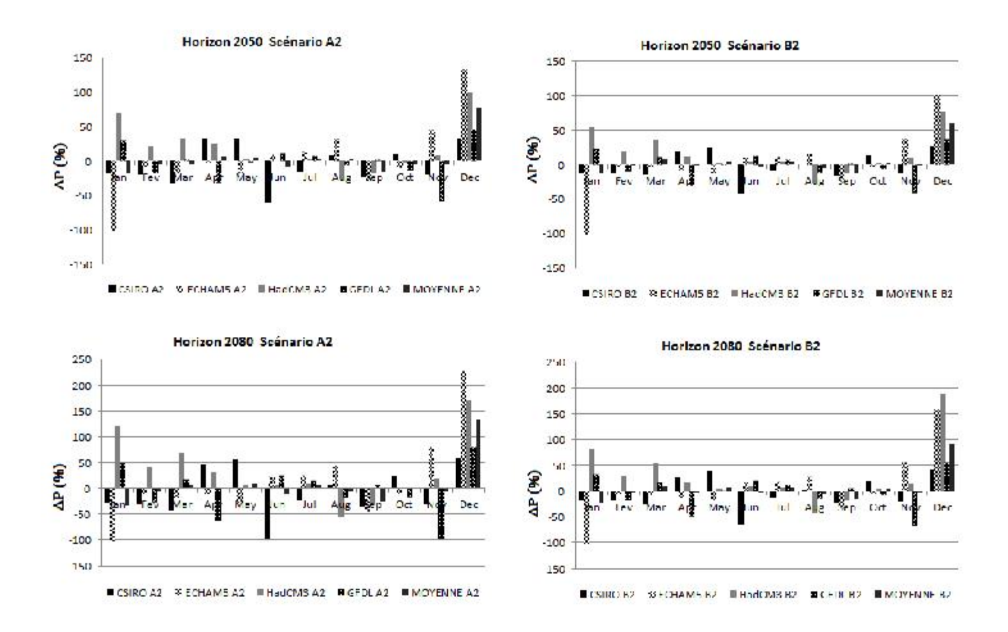


Figure 5: Taux de variation des précipitations (ΔP) moyennes mensuelles aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission.

Variations saisonnières des températures et des précipitations aux horizons 2050 et 2080

Les données trimestrielles des anomalies de températures et de précipitations fournies par les MCGAO permettent de comprendre les variations saisonnières (figure 6). Dans la zone d'étude, toutes les projections indiquent une augmentation de la température pour toutes les tranches de temps choisies. Cette augmentation varie de 1 °C à 2 °C à l'horizon 2050 et de 1 °C à 4 °C à l'horizon 2080 et elle dépend du trimestre, du scénario d'émission et du MCGAO. La variabilité inter-modèle se caractérise par une grande dispersion plus grande au niveau des nuages de points. Pour les précipitations et sur le trimestre décembre-janvier-février, les simulations des scénarios d'émission suggèrent une augmentation des précipitations. Une exception est faite avec le modèle CSIRO qui montre une diminution des précipitations. Sur le trimestre septembre-octobre-novembre, les MCGAO indiquent une diminution des précipitations. Les périodes mars-avril-mai et juin-juillet-août sont les périodes de saisons des pluies dans la région d'étude. Sur ces trimestres, certains MCGAO suggèrent une augmentation des précipitations et d'autres indiquent une diminution des précipitations. La moyenne de l'ensemble multi-modèle prévoit une faible augmentation des précipitations sur ces trimestres.

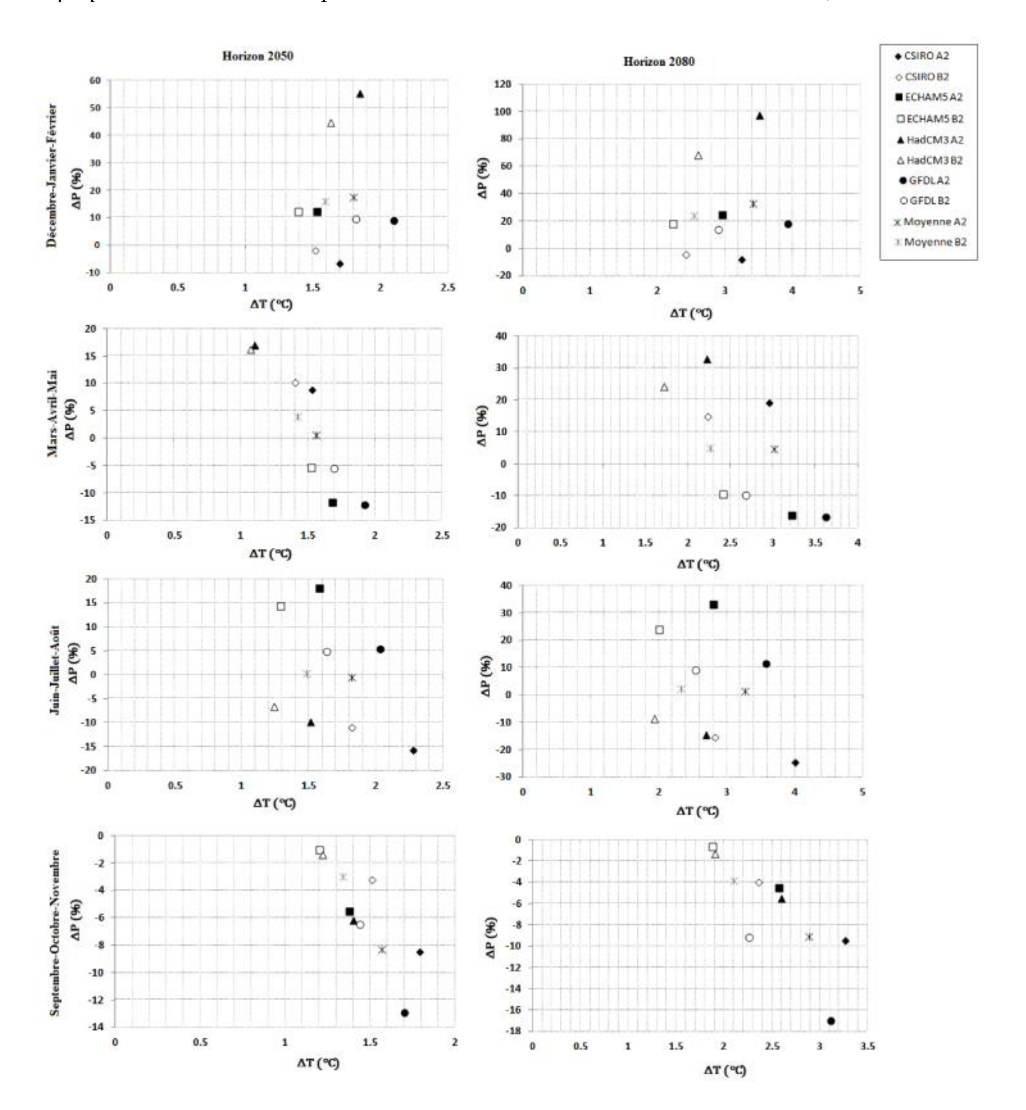


Figure 6: Variations saisonnières des précipitations (ΔP) et des températures (ΔT) aux différents horizons pour les deux scénarios d'émission.

DISCUSSION

L'analyse des impacts potentiels des changements climatiques sur les températures et les précipitations révèle que toutes les projections climatiques indiquent une augmentation de la température dans le bassin versant de Davo. Il n'y a pas de consensus au niveau des précipitations. Certaines projections climatiques suggèrent une augmentation des précipitations et d'autres indiquent

une diminution de celles-ci. Les variations des précipitations dépendent des MCGAO, scénarios d'émission et des horizons.
Dans cette étude, les résultats montrent que CSIRO est le seul modèle qui projette une diminution des pluies annuelles. Les modèles GFDL et HadCM3 projettent respectivement la plus faible et la plus forte augmentation des températures annuelles et les modèles CSIRO et ECHAM5 prédisent respectivement la plus forte diminution et la plus forte augmentation des précipitations annuelles. Au niveau des saisons pluvieuses, certains MCGAO indiquent une diminution des précipitations. Ceci implique que sous ces scenarios climatiques, il y aura probablement une modification dans les activités qui dépendent des saisons pluvieuses telle que l'agriculture pluviale. Les augmentations des températures et des précipitations projetées par le modèle ECHAM5 sont en accord avec d'autres études réalisées en Côte d'Ivoire. Kouakou et al. (2012) ont appliqué le modèle climatique régional RegCM3 conduit par le modèle ECHAM5 pour simuler les températures et les précipitations sur l'ensemble de la Côte d'Ivoire. Les résultats de cette simulation prévoient une augmentation des températures moyennes annuelles de 3°C à 4,2°C et une tendance à l'augmentation des précipitations de 4,9 % au 21eme siècle. Pour cette étude, il y a donc beaucoup d'incertitudes entre les modèles et les scénarios. Pour cette raison, toutes les études d'impacts basées sur les résultats de seulement d'un MCGAO devrait être pris avec prudence (Minville et al., 2008). Le GIEC (2008) recommande l'usage de plus d'un MCGAO dans les évaluations d'impact pour démontrer comment une série de variations des températures de l'air et précipitations peut affecter une région donnée. Cependant, la procédure par laquelle les scénarios d'émissions effectuent les conditions de forçage des MCGAO pour obtenir les scénarios climatiques n'est pas linéaire. Il faut donc noter la présence des incertitudes liées aux MCGAO et scénarios d'émission. La source la plus importante des incertitudes vient du choix du MCGAO. La structure des MCGAO constitue une source importante d'incertitude (Wilby et Harris, 2006). Les différents MCGAO disponibles actuellement diffèrent sur plusieurs aspects parmi lesquels la résolution, la paramétrisation, les algorithmes utilisés, etc. Les schémas de paramétrage pouvant donc varier d'un modèle climatique à un autre, ils constituent une des sources principales d'incertitudes des projections climatiques.
Dans cette étude, seulement deux scénarios d'émission ont été utilisés sur un total de 40 proposés par le GIEC. Il pourrait y avoir des limites sur les résultats de cette étude. Même si tel est le cas, on note cependant que l'usage de tous les scénarios climatiques a un coût informatique excessif (Minville et al., 2008). A cet effet, Nakicenovic et al., (2000) recommande d'utiliser les scénarios A2 (émission élevée) et B2 (émission basse et médiane) pour les études d'inter-comparaisons comme celle-ci. Ainsi, les scénarios A2 et B2 conviennent pour cette étude.

La nécessité d'améliorer l'évaluation des impacts du changement climatique pour l'Afrique subsaharienne reste une principale préoccupation pour le GIEC (2007). Selon Mackellar et al. (2010), nombreux sont ceux qui estiment que l'Afrique sub-saharienne est la région qui sera la plus durement touchée par les effets des changements climatiques. Ainsi la moyenne d'un ensemble multi-modèle tend à donner une meilleure estimation du climat observé qu'un seul MCGAO (Mackellar et al., 2010). Cette technique permet de réduire les incertitudes liées à la modélisation climatique. Pour les travaux futurs, l'application des multi-modèles climatiques à résolution spatiale inférieure à 10 km est une perspective intéressante.

CONCLUSION

Dans cette étude, les projections des variables climatiques (températures et précipitations) ont été examinées aux horizons 2050 et 2080. Toutes les projections montrent une augmentation de la température dans le bassin versant de Davo durant les deux tranches de temps du 21ème siècle. Les projections des précipitations sont incertaines et dépendent des MCGAO, des scénarios d'émission et des horizons. Les résultats indiquent que le scénario A2 est plus chaud et moins pluvieux que le scénario B2. Au niveau des températures, la variation annuelle la plus faible est projetée par le modèle ECHAM5 (1,3°C) et la plus élevée est prédite par le modèle GFDL (3,6°C) Quant aux précipitations, le taux annuel le plus faible est projeté par le modèle CSIRO (-7,9%) et le plus élevé est prédit par le modèle ECHAM5 (11,6%). Tous les quatre modèles indiquent une augmentation des précipitations au mois de décembre à tous les horizons. Concernant les saisons, il n'y a pas de consensus entre les MCGAO. Ceci suppose qu'il y aura probablement une modification dans les activités agricoles dépendant des précipitations. Etant donné que l'amélioration des évaluations des impacts des changements climatiques dans les régions de l'Afrique subsaharienne est l'une des problématiques la plus abordées par le GIEC, ainsi l'utilisation de multi-modèles climatiques à résolution spatiale inférieure à 10 km est une perspective prometteuse qui permettrait de simuler avec des échelles spatiales et temporelles fines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BASTOLA S., MURPHY C., SWEENEY J. (2011). The role of hydrological modeling uncertainties in climatic change impact assessments of Irish river catchment, Advances in Water Resources, 34, 562-576.

BOYER C., CHAUMONT D., CHARTIER I., ROY A.G. (2010). Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries, Journal of hydrology, 384, 65-83.

BROU Y.T. (2009). Impacts des modifications bioclimatiques et de l'amenuisement des terres forestières dans les paysanneries ivoiriennes : quelles solutions pour une agriculture durable en Côte d'Ivoire, Cuadernos Geográficos, 45, 13-29.

CHEN H., XU C-Y, GUO S. (2012). Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff, Journal of hydrology, 434-435, 36-45.

GIEC. (2007). Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'expertsintergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse, 103 p.

GIEC. (2008). Le changement climatique et l'eau, Document technique VI du GIEC, 237P.

GOULA B.T.A., SAVANE I., KONAN B., FADIKA V., KOUADIO G.B. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide),Vertigo, vol. 1, 1-12.

GRAHAM L.P., ANDERSSON L., HORAN M., KUNZ R., LUMSDEN T., SCHULZE R., WARBURTON M., WILK J., YAN W. (2011). Using multiple climate projections for assessing hydrological response to climate change in the Thukela River Basin, South Africa, Physics and Chemistry of the Earth, Vol 36, Issues 14-15, 727-735.

GITHUI F., GITAU W., MUTUA F., BAUWENS W. Climate change impact on SWAT simulated streamflow in werstern Kenya, International Journal of Climatology, Vol. 29, issue 12, 1823-1834.

HUGHES D.A., KINGSTON D.G., KINGSTON D.G., AND TODD M.C. (2011). Uncertainty in water resources availability in the Okavango River basin as a result of climate change, Hydrology and Earth System Sciences, 15, 931-941.

HULME M., RAPER S.C.B., WIGLEY T.M.L. (1995). An integrated framework to address climate change (ESCAPE) and further developments of the global and regional climate modules (MAGICC). Energy Police, vol. 23, 347–355.

HULME M., WIGLEY, T.M.L., BARROW E.M., RAPER, S.C.B., CENTELLA, A., SMITH S., CHIPANSHI A.C. (2000). Using Climat Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessment: MAGICC and SCENGEN version 2.4, workbook Climate Research Unit, Norwich, UK 52p.

JUAN M.B., WALTER C., ADRIANO R.D.P., DANIEL A., FEDERICO D. (2013). Impact of projected climate change on hydrologic regime of the Upper Paraguay River Basin, Climatic Change, 15p.

KAMGA F.M. (2001). Impact of greenhouse gas induced climate change on the runoff of the Upper Benue River (Cameroon), Journal of Hydrology, 252, 145-156.

KASSIN K.E., DOFFANGUI K., KOUAME B., YORO R.G ET ASSA A. (2008). Variabilité pluviométrique et perspective pour la replantation cacaoyère dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, Journal of Applied Biosciences 12 : 633-641.

KIENZLE S.W., NEMETH M.W, BYRNE J.M., MACDONALD R.J. (2012). Simulating the hydrological impacts of climate change in the upper North Saskatchewan River basin, Alberta, Canada, Journal of hydrology, 412-413, 76-89.

KONT A., JAAGUS J., AUNAP R. (2003). Climate change scenario and the effect of sea-level rise for Estonia, Global Planet Change, Vol. 36, issues 1-2, 1–15.

KOUAKOU K.E., GOULA B.T.A., KOUASSI A.M. (2012). Analyze of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters: case study of Côte d'Ivoire, International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 3, Issue 2, February.

KOUASSI A.M., KOUAME K. F., KOFFI Y. B., K.B. DJE, J. E. PATUREL ET S. OULARE. (2010). Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, European Journal of Geography, DOI : 10.4000/cybergeo.23388.

KOUTROULIS A.G., TSANIS I.K., DALIAKOPOULOS I.N., JACOB B. (2013). Impact of climate change on water resources status: A case study for Crete Island, Greece, Journal of hydrology, 479, 146-158.

LAZAR B., WILLIAMS M. (2008). Climate change in western ski areas: potential changes in timing of wet avalanches and snow quality for the Aspen ski area in the years 2030 and 2100, Cold Regions Sciences and Technology, 51, 219-228.

LIU L., LIU Z., REN X., FISCHER T., XU Y. (2011). Hydrological impacts of climate change in the Yellow River Basin for the 21st century using hydrological model and statistical downscaling model, Quaternary International, 244, 211-220.

MACKELLAR N., CHRISTENSEN J.H., LUCAS-PICHER P. (2010). Modèles, projections et incertitudes climatiques en Afrique sub-saharienne : Introduction pour les chercheurs et les décideurs, CCDARE, 24 p.

MILLER A.I., SUPPIAH S., DUFFER, R.B. (2006). Climate change gains more from nuclear substitution than from conservation, Nuclear Engineering and Design, 236, 1657-1667.

MINVILLE M., BRISSETTE F., LECONTE R. (2008). Uncertainty of the impact of climate change on the hydrology of a Nordic watershed, Journal of Hydrolgy, 358, 70-83.

MOTONDO J.I., PETER G., AND MSIBI K.M. (2004). Evaluation of the impact of climate change on hydrology and water resources in Swaziland: Part I, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 29, issues 15-18, 1181-1191.

NAKICENOVIC N., ALCAMO J., DAVIS G., DE VRIES B., FENHANN J., GAFFIN S. (2000). Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599p.

NÓBREGO M.T., COLLISCHONN W., TUCCI C.E.M., AND PAZ A.R. (2011). Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin (Brasil), Hydrology and Earth System Sciences. 15, 585-595.

OTCHOUMOU K.F., SALEY M.B., AKÉ G.E., SAVANE I. AND K.B. DJÊ. (2012). Variabilité climatique et production de café et cacao dans la zone tropicale humide: Cas de la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 1, N°2, Décembre, 194-215.

PEPPER W., BARBOUR W., SANKOVSKI A., BRAATZ B. (1998). No-policy greenhouse gas emission scenarios: revisiting IPCC 1992, Environmental Science & policy, Vol.1, issue 4, November, 289-311.

PNUD (2009). Programme d'Appui à la Réduction de la Pauvreté du PNUD 2009-2013, Sous Programme Protection de l'Environnement et Gestion Durable des Ressources Naturelles (PGDRN), Document de projet, 19p.

RIAHI K., AND ROEHRL R.A. (2000). Greenhouse Gas Emission in a Dynamics-as-Usual Scenario of Economic and Energy Development, Technological Forecasting and Social Change, Vol.63, Issue 2-3, February-March, 175-205.

ROSHAN G.H.R., OROSA J.A., NASRABADI T. (2012). Simulation of climate change impact on energy consumption in building case study of Iran. Energy Policy, Vol.49, 731-739.

SANTER, B.D., T.M.L. WIGLEY, M.E. SCHLESINGER, AND J.F.B. MITCHELL. (1990). Developing Climate Scenarios from Equilibrium GCM Results, Max-Planck-Institut für Meteorology Report N° 47, Hamburg, Germany.

SERRAT-CAPDEVILA A., VALDÉS J.B., PÉREZ J.G., BAIRD K., MATA L.J., MADDOCK III T. (2007). Modeling climate change impact and uncertainty on the hydrology of riparian system: the San Pedro Basin (Arizona/Sonora), Journal of Hydrology, Vol. 347, issues 1-2, 48-66.

SHRESTHA B., BABEL M.S., MASKEY S., GRIENSVEN A.V., UHLENBROOK S., GREEN A., AND AKKHARATH I. (2013). Impact of climate change on sediment yield in the Mekong River basin: a case study of

the Nam Ou basin, LAO PDR, Hydrology and Earth System Sciences, 17, 1-20.

SORO N., LASM T., KOUADIO B.H., SORO G., AHOUSSI K.E. (2004). Variabilité du régime pluviométrique du sud de la Côte d'Ivoire et son impact sur l'alimentation de la nappe d'Abidjan, Sud Sciences et Technologies, N°12, Juin.

SORO T.D., SORO N., OGA Y.M-S., LASM T., SORO G., AHOUSSI K.E., BIEMI J. (2011). La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le dégré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la côte d'Ivoire), Géographie physique et Environnement, Vol. 5, http://physio-geo.revues.org/1581 ; DOI : 10.4000/physio-geo.1581

SOROKOBY V.M., SALEY M.B., KOUAME K.F., DJAGOUA E.M.V., AFFIAN K. AND BIEMI J. (2013). Variabilité spatio-temporelle des parameters climatiques et son incidence sur le tarissement dans les basins versants de Bô et Debo (département de Soubré au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 2 n°3, Mars, 287-299.

THOMPSON J.R., GREEN A.J., KINGSTON D.G., GOSLING S.N. (2013). Assessment of uncertainty in river flow projections for the Mekong River using multiple GCMs and hydrological models, Journal of hydrology, 486, 1-30.

THORNE R. (2011). Uncertainty in the impacts of projected climate change on the hydrology of a subarctic environment: Liard River Basin, Hydrology and Earth System Sciences, 15, 1483-1492.

VROCHIDOU A.K., TSANIS I.K., GRILLAKIS M.G., KOUTROULIS A.G. (2013). The impact of climate change on hydrolometerological droughts at a basin scale, Journal of Hydrology, Vol. 476, 290-301.

WIGLEY T.M.L. (2008). MAGICC/SCENGEN 5.3: user manual (version 2), National Center for Atmospheric Research, Colorado, 81 pp.

WILBY R.L. AND HARRIS I. (2006). A framework for assessing uncertainties in climate impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK, Water Resources Research, Vol. 42, issue2, W02419, February. [Online] Available: DOI: 10.1029/2005WR004065 (February 28, 2006).

XU Y-P., ZHANG X., RAN Q., TIAN Y. (2013). Impact of climate change on hydrology of upper reaches of Qiantang River Basin, East China (2013), Journal of hydrology, 483, 51-60.

YAO A.B., GOULA B.T.A., KOUADIO Z.A., KOUAKOU K.E., KANTE A. ET SAMBOU S. (2012). Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, 19, 136-157.